

УДК 519.7

**Наталья Ивановна Баурова**, д-р техн. наук, проф.,  
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, nbaurova@mail.ru

**Андрей Юрьевич Сергеев**, аспирант,  
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, flash-06@inbox.ru.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕМОНТЕ ТЕПЛОАГРУЖЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИН**

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются возможности увеличения теплопроводных и теплостойких свойств полимерных материалов, применяемых для ремонта машин путем введения соответствующих наполнителей. Подробно рассмотрены основные факторы, определяющие свойства наполненного полимерного материала.

**Ключевые слова:** наполнители, полимерные материалы, ремонт, теплопроводность, теплостойкость.

**Natalia I. Baurova**, Dr., professor,  
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, nbaurova@mail.ru

**Andrey Y. Sergeev**, graduate,  
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, flash-06@inbox.ru

## **APPLICATION OF POLYMER MATERIALS FOR REPAIR THERMO STRAINED CONSTRUCTION**

**Abstract.** This article is discusses of the method of increasing the heat transfer and heat-resistant properties of polymeric materials. Special polymer composition fillers are introduced into the polymer. The type, size and shape of the filler particles are research.

**Keywords:** filler, polymeric materials, repairs, thermal conductivity, heat resistance.

## **Введение**

В последние годы полимерные материалы широко используются как при изготовлении, так и при ремонте различных типов машин и оборудования. Но традиционные полимерные материалы имеют существенно меньшую теплостойкость, чем металлы, что существенно ограничивает возможности их использования при ремонте теплонагруженных элементов машин [2–3]. Одним из способов достижения заданных эксплуатационных и физико-механических свойств полимерных материалов является использование специальных наполнителей.

В зависимости от механизма воздействия на связующее наполнители подразделяются на неактивные и активные. Первые вводят в материал главным образом для уменьшения стоимости (за счет увеличения объема более дешевым материалом), изменения вязкости, цвета и т.д. Активные наполнители вводят, в первую очередь, для изменения различных свойств материала (теплостойкости, электропроводности, прочности, деформационных характеристик, стойкости к различным нагрузкам и др.).

Активность наполнителей определяется их свободной поверхностью, которая вступает во взаимодействие с функциональными группами полимерной матрицы. В результате такого взаимодействия образуются адгезионные силы, обеспечивающие высокопрочное соединение частиц наполнителя с полимерной матрицей [4]. При использовании активных наполнителей молекулы полимера адсорбируются на поверхности частиц наполнителя (размеры которых превышают размер молекул полимера), образуя, таким образом, оболочки с упорядоченной структурой молекул, толщина которых составляет несколько десятков нанометров. Следует отметить, что с уменьшением расстояния между зернами наполнителя количество таких оболочек увеличивается, и соответственно увеличивается прочность полимерного материала.

## **Основная часть**

Теплопроводность ремонтных материалов можно существенным образом увеличить путем введения в их состав наполнителей с высоким коэффициентом теплопроводности. С увеличением доли наполнителя в ремонтном материале коэффициент теплопроводности материала возрастает практически линейно [4]. Для повышения теплопроводности ремонтных материалов наиболее часто используют в качестве наполнителей следующие материалы: порошок железа, порошкообразную медь, алюминиевый порошок, технический углерод, переработанный асбест, двуокись титана и др. [4–5]. К новейшим типам теплопроводных наполнителей относится шунгит и различные типы графита (окисленный, силицированный). Среди волокнистых наполнителей наиболее эффективными теплопроводными наполнителями являются углеродные волокна и ткани.

Помимо типа используемых наполнителей, на свойства ремонтных материалов существенное влияние оказывает концентрация наполнителя и размер частиц. При разработке ремонтных материалов основным вопросом (с экономической и технологической точек зрения) является обеспечение оптимальной концентрации наполнителя (минимальной концентрации, обеспечивающей требуемые значения теплопроводности) – так называемого порога перколяции, при котором происходит резкое увеличение проводимости композита при небольшом увеличении концентрации наполнителя [1, 6]. Чем меньше процентное содержание наполнителя, при котором обеспечивается перкаляция для одного и того же типа полимера, тем выше эффективность данного наполнителя. Высокая концентрация наполнителя, как правило, приводит к повышению плотности и снижению механических характеристик композита. Например, значение перкаляционного порога для наполненного расширенным графитом (размер частиц 100 нм) эпоксидного полимерного

материала составляет 1,3% (концентрация наполнителя). Однако дальнейшее увеличение концентрации графита (свыше 20%) вызывает ухудшение механических характеристик материала. Поэтому при разработке ремонтных материалов основные усилия направлены на разработку композитов, в которых критическое значение концентрации наполнителя минимально [4].

Порог перколяции не является постоянной величиной и зависит не только от структуры и свойства наполнителя, но и от технологии введения наполнителя в полимер и пористости отвержденного материала. Например, нанокompозиты, наполненные расширенным графитом, синтезируемые интерколяцией в растворе и интерколяцией в процессе полимеризации, имеют достаточно низкий перколяционный порог (для достижения заданных свойств требуется минимальная концентрация наполнителя). А у нанокompозитов, получаемых методом смешивания в расплаве полимера, аналогичные свойства достигаются только при высоком содержании расширенного графита в нанокompозите.

В последнее время все большее распространение получают наноматериалы, в том числе и нанодисперсные наполнители, которые вводят в состав полимеров для модификации их свойств. Для достижения определенных свойств требуется существенно большая концентрация наполнителей, имеющих макроразмерность, тогда как переход на наноуровень позволяет существенно снизить концентрацию наполнителя. Но нанодисперсные нанонаполнители еще в большей степени, чем микродисперсные порошки, сорбируют из воздуха влагу, которая оказывает очень большое влияние на их свойства. Эта влага будет не только испаряться и приводить к образованию пористости, но и способствовать агломерации наночастиц в более крупные образования, что приведет к потере наноэффекта и ухудшению прочностных свойств получаемых материалов. Поэтому при использовании наполнителей,

имеющих наноразмерность, следует использовать технологические методы, предотвращающие агломерацию частиц.

Также следует учитывать, что один и тот же тип наполнителя часто имеет разную степень активности к различным типам связующего. Для создания перспективных наполненных полимеров необходимо обеспечить хорошую адгезию между частицами наполнителя и полимерной матрицей, которая достигается благодаря прочной негидролизуемой химической связи. Следовательно, на поверхности частиц наполнителя должны присутствовать группы, способные к химическому взаимодействию с полимерным связующим.

Однако химические или водородные связи между функциональными группами частиц наполнителя и полимерной матрицы могут вызывать увеличение количества структурных дефектов и неоднородностей. При взаимодействии полимерной матрицы с высокодисперсными наполнителями их частицы могут принимать активное участие в процессе сшивания, в результате чего образуются дополнительные узлы сшивок или центры структурообразования. Затем вокруг них образуются ориентированные слои полимера с плотной упаковкой входящих в материал компонентов [5–7]. Эти узлы не будут разрушаться даже в экстремальных условиях эксплуатации техники.

### **Заключение**

Для создания инновационных методов ремонта машин и оборудования с использованием наполненных полимерных материалов необходимо выбрать оптимальное сочетание наполнителей и четко определить перечень требований к структуре полимерной матрицы. Эффективность использования наполнителей существенным образом зависит от их удельной поверхности, поэтому при выборе наполнителя следует учитывать не только размер частиц, но и фракционный состав.

Кроме того, большое влияние на эксплуатационные свойства наполненного материала оказывает характер упаковки наполнителя. Достаточно часто при создании наполненных полимерных материалов для обеспечения минимального свободного объема совмещают различные фракции наполнителей. В этом случае мелкие частицы наполнителей занимают свободное пространство между крупными, а крупные фракции наполнителей будут определять общий объем композиции [1–2].

Таким образом, свойства наполненного полимерного материала зависят не только от типа наполнителя, размеров его зерен и концентрации, но и от химической совместимости с полимерной матрицей. В наполненных полимерных материалах компоненты композиции подбираются таким образом, чтобы их взаимодействие позволяло получать синергетический эффект. Учет этих факторов при модификации свойств полимерных материалов путем использования наполнителей позволяет создать ремонтные материалы, которые могут быть использованы при восстановлении повреждений узлов, работающих в широком диапазоне температур.

### **Список литературы**

1. Баурова Н.И., Сергеев А.Ю. Имитация эксплуатационных циклов, характеризующих термическую усталость материалов // Энциклопедия инженера-химика. 2013. № 8. С. 31–35.
2. Баурова Н.И., Сергеев А.Ю. Применение метода дифференциальной сканирующей калориметрии для изучения свойств наполненных клеевых материалов // Клеи. Герметики. Технологии. 2013. № 10. С. 40–44.
3. Зорин В.А., Баурова Н.И. Моделирование свойств ремонтных материалов при длительном воздействии эксплуатационных факторов // Механизация строительства. 2012. № 1. С. 15–17.

4. Зорин В.А., Баурова Н.И. Ремонт теплонагруженных элементов машин и оборудования с использованием наполненных полимерных материалов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2013. № 4. С. 16–19.

5. Зорин В.А., Баурова Н.И., Шакурова А.М. Управление микроструктурой и свойствами наполненных полимерных композиций// Клеи. Герметики. Технологии. 2012. № 8. С. 31–35.

6. Малышева Г.В. Проблемы обеспечения надежности машин с клеевыми соединениями // Клеи. Герметики. Технологии. 2005. № 8. С. 28–34.

7. Петрова Л.Г., Чудина О.В. Применение методологии управления структурообразованием для разработки упрочняющих технологий // Металловедение и термическая обработка металлов. 2010. № 5. С. 31–41.

### **References**

1. Baurova N.I., Sergeev A.YU. *Ehnciklopediya inzhenera-himika*, 2013, no. 8, pp. 31–35.

2. Baurova N.I., Sergeev A.YU. *Klei. Germetiki. Tekhnologii*, 2013, no. 10, pp. 40–44.

3. Zorin V.A., Baurova N.I. *Mekhanizaciya stroitel'stva*, 2012, no. 1, pp. 15–17.

4. Zorin V.A., Baurova N.I. *Remont, vosstanovlenie, modernizaciya*, 2013, no. 4, pp. 16–19.

5. Zorin V.A., Baurova N.I., Shakurova A.M. *Klei. Germetiki. Tekhnologii*, 2012, no. 8, pp. 31–35.

6. Malysheva G.V. *Klei. Germetiki. Tekhnologii*, 2005, no. 8, pp. 28–34.

7. Petrova L.G., CHudina O.V. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov*, 2010, no. 5, pp. 31–41.